



# Grain Growth and Extended Defects in Multicrystalline Silicon Grown from Microcrystalline Silicon Template

著者	Prakash Ronit Roneel
発行年	2015
その他のタイトル	微細多結晶基板を用いた多結晶シリコンの粒成長と拡張欠陥の評価
学位授与大学	筑波大学 (University of Tsukuba)
学位授与年度	2014
報告番号	12102甲第7264号
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2241/00125862">http://hdl.handle.net/2241/00125862</a>

氏 名（本 籍 地）	Prakash Ronit Roneel			
学 位 の 種 類	博 士（工 学）			
学 位 記 番 号	博 甲 第 7264 号			
学位授与年月日	平成 27 年 3 月 25 日			
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当			
審 査 研 究 科	数理物質科学研究科			
学 位 論 文 題 目	Grain Growth and Extended Defects in Multicrystalline Silicon Grown from Microcrystalline Silicon Template (微細多結晶基板を用いた多結晶シリコンの粒成長と拡張欠陥の評価)			
主 査	査	筑波大学教授	理学博士	関口 隆史
副 査	査	筑波大学教授	理学博士	秋本 克洋
副 査	査	筑波大学教授	Ph.D	土谷 浩一
副 査	査	筑波大学准教授	博士(工学)	深田 直樹
副 査	査	九州大学学術研究員	工学博士	原田 博文

## 論 文 の 要 旨

太陽光発電は、環境やエネルギー問題を解決する手段として期待が高まっている。多結晶シリコン結晶を使った太陽電池は、最も多く生産されており、この材料の高品質化は重要である。太陽電池用多結晶シリコンは、鋳造炉を用いて一方向凝固法で製造されるが、成長条件の違いにより、結晶粒の大きさや配向、粒界性格の分布など、大きく異なっている。本研究では、一方向凝固法による結晶成長を理解するために、100 ミクロン程度の、微小でランダムな方位を有する微細多結晶シリコン基板より、多結晶シリコンの粒成長を行い、結晶粒の成長や粒界の生成・消滅のメカニズムを明らかにした。実験では、微結晶より成長した多結晶を縦割、横割りにし、結晶組織を顕微鏡観察するとともに、走査電顕を用いた EBSD 法にて結晶粒の方位や粒界性格を調べた。

微結晶より成長した多結晶では、結晶粒のサイズは、3 段階で増加していた。また、結晶粒の形状も、球形から楕円、コラム状へと変化していた。粒界性格は、成長初期ではランダム、 $\Sigma 3$  の順に多かった。成長に従い、ランダムが減って  $\Sigma 3$  が増える傾向が見られた。これらの特徴を、以下の理由で説明した。成長初期では、微細多結晶基板の粒界の方向がランダムであるため、ランダム粒界が多く、また、できる粒界は成長界面と角度をなしており、結晶粒の反応（消滅）が頻繁に起こる。成長が定常状態になり、成長界面と直角なランダム粒界が支配的になると、ある確率で導入される  $\Sigma 3$  が結晶粒の反応の原因となる。結晶の成長速度を増加させると、 $\Sigma 3$  の発生頻度が上昇する。一方、通常のるつぼ底からの多結晶成長では、成長初期から結晶粒の大きさは十分大きく、粒界も  $\Sigma 3$  が支配的である。また、結晶粒にも配向が見られる。

これらの違いを利用すれば、多結晶の粒構造をある程度制御できることが可能になると結論される。本研究により、近年提唱された高性能多結晶シリコン(HP-mc)を用いた太陽電池が、何故高効率となるのかも理解される。

## 審 査 の 要 旨

### 〔批評〕

本研究では、一方向凝固法による結晶成長を理解するために、100ミクロン程度の、微小でランダムな方位を有する微細多結晶シリコン基板より、多結晶シリコンの粒成長を行い、結晶粒の成長や粒界の生成・消滅のメカニズムを明らかにした。本研究により、多結晶シリコンの粒成長に影響を及ぼす因子が明らかとなり、近年の高性能多結晶シリコンの効率向上の原因も理解できた。将来的には、多結晶粒の組織制御法を考案することも可能になるであろう。

### 〔最終試験結果〕

平成 27 年 2 月 19 日、数理物質科学研究科学学位論文審査委員会において審査委員の全員出席のもと、著者に論文についての説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって、合格と判定された。

### 〔結論〕

上記の論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。